



① BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 40 22 476 A 1**

⑤ Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**H 02 K 41/02**  
H 01 B 7/18  
H 01 B 7/32  
// B60L 13/02

⑲ Aktenzeichen: P 40 22 476.7  
⑳ Anmeldetag: 14. 7. 90  
㉑ Offenlegungstag: 16. 1. 92

DE 40 22 476 A 1

㉒ Anmelder:

Thyssen Industrie AG, 4300 Essen, DE; kabelmetal  
electro GmbH, 3000 Hannover, DE

㉓ Erfinder:

Löser, Friedrich, Dr.-Ing., 8012 Riemerling, DE;  
Breitenbach, Otto, Dipl.-Ing., 8500 Nürnberg, DE

⑤④ Elektrisches Kabel

⑤⑦ Es wird ein elektrisches Kabel zur Verwendung als Wicklungsstrang in einer dreiphasigen Wechselstromwicklung für Linearmotoren angegeben, das einen als Leiterseil ausgeführten metallischen Leiter aufweist. Über dem Leiter sind eine innere Leitschicht, eine Isolierung, eine aus leitfähig gemachtem Kunststoff bestehende äußere Leitschicht und ein Mantel aus elektrisch leitfähig gemachtem Isoliermaterial angebracht. Zur Erhöhung der Leitfähigkeit des Mantels ist zwischen äußerer Leitschicht und Mantel ein zusätzlicher metallischer Schirm angebracht, der auf der ganzen Länge des Kabels in axialen Abständen vollständig unterbrochen ist.

DE 40 22 476 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein elektrisches Kabel zur Verwendung als Wicklungsstrang in einer dreiphasigen Wechselstromwicklung für Linearmotoren, bestehend aus einem als Leiterseil ausgeführten metallischen Leiter, einer denselben umgebenden inneren Leitschicht, einer über dieser angeordneten Isolierung, einer dieselbe umgebenden, aus leitfähig gemachtem Kunststoff bestehenden äußeren Leitschicht und einem darüber angeordneten Mantel aus elektrisch leitfähig gemachtem Isoliermaterial (DE-PS 30 06 382).

Linearmotoren sind für elektrische Antriebe unterschiedlicher Art seit langem bekannt. Ihre Einsatzgebiete sind beispielsweise der Personenverkehr, das Förder- und Transportwesen, Fließbänder, Gepäcktransport, Bergbau, Kräne, Schleppanlagen, Schlitten von Werkzeugmaschinen und die Betätigung von Schiebern. Ein dafür geeigneter Linearmotor hat beispielsweise eine in den Nuten eines Induktors angeordnete Erregerwicklung, die bei Wechselstrom dreiphasig ausgebildet ist. Der Läufer teil besteht dann entweder aus einer Schiene aus elektrisch gut leitendem Material, wie Kupfer oder Aluminium (Asynchronmotor), oder aus permanentmagnetischem Material (Synchronmotor). Es sind allerdings auch Linearmotoren bekannt, bei denen die Wicklung im Läufer teil angeordnet ist.

Wenn ein solcher Linearmotor beispielsweise zum Antrieb einer Magnetschwebbahn für Fernschnellverkehr eingesetzt wird, dann ergibt sich für den Stator und damit auch für die Wicklung eine sehr große Länge. Da ein solcher Linearmotor mit einer höheren Spannung von beispielsweise 10 kV betrieben wird, müssen die eingesetzten Kabel mit einer inneren und einer äußeren Leitschicht ausgerüstet sein und einen Schirm aufweisen. Der Schirm derartiger elektrischer Kabel ist für die sichere Führung kapazitiver Ladeströme, die Erdschlußerkennung, die Möglichkeit zur Fehlerortung und als Schutz gegen Berührung von unter elektrischer Spannung stehenden Teilen bei mechanischer Beschädigung der Isolierung erforderlich. Ferner soll er Lebewesen vor Gefährdung durch hohe Spannungen schützen.

Beim Einsatz eines derartigen Kabels im sehr langen Stator eines Linearmotors wird auf dem Schirm unvermeidlich eine hohe Längsspannung induziert, die beispielsweise bei einer Statorlänge von 100 m weit mehr als 1 kV beträgt. Damit derart hohe Spannungen nicht entstehen können, hat das Kabel nach der eingangs erwähnten DE-PS 30 06 382 den äußeren, aus elektrisch leitfähig gemachtem Isoliermaterial bestehenden Mantel. In der aus drei solchen Kabeln aufgebauten Wicklung sind die Kabel im Bereich der Wickelköpfe durch einen dort angeordneten Strang aus elektrisch gut leitendem Material an Erdpotential angeschlossen. Der Mantel dieses Kabels stellt somit gleichzeitig dessen Schirm dar. Er hat eine relativ geringe elektrische Leitfähigkeit. Durch die Kombination eines solchen Mantels mit dem an Erdpotential anzuschließenden Strang ergibt sich insgesamt ein Schirm, der eine gute Ableitung kapazitiver Ströme gewährleistet und außerdem sicherstellt, daß durch induzierte Spannungen entstehende Ströme klein bleiben. Die mit solchen Kabeln hergestellte Wicklung weist somit insgesamt eine niedrige Verlustleistung auf und die Feldbeeinflussung wird vernachlässigbar. Da außerdem keine hohen Spannungen entstehen können, ist eine Gefährdung von Lebewesen ausgeschlossen.

Die sehr lange Wicklung eines für den Antrieb einer

Magnetschwebbahn verwendeten Linearmotors ist in Speiseabschnitte unterteilt, die nacheinander dann an das Speisetzetz angeschlossen werden, wenn sich ein Zug einem Speiseabschnitt nähert. Jeder Speiseabschnitt ist außerdem aus Sicherheitsgründen in zwei unabhängige Wicklungen aufgeteilt. Durch die Erdfreiheit des Speisetzetzes und die elektrische Aufteilung in zwei unabhängige Wicklungen für jeden Speiseabschnitt kann der Fahrbetrieb kurzzeitig auch dann aufrechterhalten werden, wenn einer der Wicklungsstränge Einphasen-Erdschluß hat. Vermieden werden muß aber unbedingt, daß sich dieser Erdschluß geometrisch ausweitet und zum Mehrphasen-Erdschluß wird. Die betroffene Wicklung muß also abgeschaltet werden. Dazu ist an jede Wicklung ein Erdschlußfassungsgesetz angegeschlossen, das die Abschaltung vornimmt, sobald ein vorgegebener Strom im Schirm des betroffenen Kabels (Wicklungsstrangs) erreicht ist. Die Leitfähigkeit des Schirms des in der DE-PS 30 06 382 beschriebenen Kabels ist so gering, daß bei dessen Einsatz sehr empfindlich reagierende und daher auf vagabundierende Ströme ansprechende Meßgeräte verwendet werden müssen. Trotzdem kann es im rauen Magnetbahnbetrieb geschehen, daß wegen des niedrigen Stromes ein Erdschluß zu spät erkannt wird.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, das eingangs erwähnte bekannte Kabel unter Beibehaltung seiner Vorteile so weiterzubilden, daß eine Erdschlußfassung schnell, sicher und mit weniger empfindlichen Meßgeräten gewährleistet werden kann.

Diese Aufgabe wird gemäß der Erfindung dadurch gelöst, daß zwischen äußerer Leitschicht und Mantel ein zusätzlicher metallischer Schirm angebracht ist, der auf der ganzen Länge des Kabels in axialen Abständen vollständig unterbrochen ist.

Durch den zusätzlichen metallischen Schirm wird die Leitfähigkeit des aus äußerer Leitschicht und leitfähigem Mantel bestehenden Kabelschirms so weit erhöht, daß derselbe ausreichend hohe Ströme tragen kann, um eine einfache und schnelle Erkennung eines Erdschlusses sicherzustellen. Der Widerstand des Kabelschirms bleibt durch die vielen, auf der ganzen Kabellänge vorhandenen vollständigen Unterbrechungen des metallischen Schirms aber so hoch, daß keine zu hohen Verlusten führenden, niederohmigen Sekundärkreise entstehen. Die Vorteile des bekannten Kabels nach der DE-PS 30 06 382 sind also auch bei diesem Kabel gegeben. Verluste durch Spannungen und Ströme, die im Kabelschirm induziert werden, sind gegenüber anderen Leitungsverlusten vernachlässigbar. Da äußere Leitschicht und leitfähiger Mantel durch den Schirm nicht vollkommen getrennt sind, sondern in den Unterbrechungen desselben weiter Kontakt haben, können hinreichend kleine Verluste und doch genügend Leitfähigkeit für kapazitive Ströme im Kabelschirm mit einer Leitfähigkeit der Werkstoffe für äußere Leitschicht und Mantel erreicht werden, die je nach Geometrie des Kabels in einem Bereich von 1 bis  $10^5 \text{ Ohm} \times \text{cm}$  liegen.

Ein Optimum von elektrischem Schutz und vernachlässigbaren Verlusten durch Induktion entsteht, wenn die Unterbrechungen des metallischen Schirms einen Abstand haben, der etwa so groß ist wie der Abstand der außen liegenden Erdungspunkte voneinander, in denen der Mantel des Kabels mit Erde verbunden ist.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung gehen aus den Unteransprüchen hervor.

Ein Ausführungsbeispiel des Erfindungsgegenstandes ist in den Zeichnungen dargestellt.

Es zeigen

Fig. 1 einen Ausschnitt aus einer Wechselstromwicklung mit Kabeln nach der Erfindung.

Fig. 2 eine Einzelheit aus Fig. 1 in vergrößerter Darstellung.

Fig. 3 das Kabel nach der Erfindung mit abschnittsweise entfernten Schichten in nochmals vergrößerter Darstellung.

Fig. 4 und 5 Einzelheiten des Kabels in schematischer Darstellung.

Mit 1, 2 und 3 sind drei elektrische Kabel bezeichnet, die zu einer zusammenhängenden Wicklung für den Stator eines Linearmotors zusammengefaßt sind. Der aus geschichteten Blechen bestehende Induktor 4 des Stators ist in Fig. 1 schematisch mit angedeutet. Im Bereich der aus dem Induktor herausragenden Wickelköpfe sind metallische Stränge 5 und 6 angebracht, die über die gesamte Länge des Stators verlaufen und aus einem elektrisch gut leitenden Material, wie beispielsweise Kupfer, bestehen. Die Kabel 1, 2 und 3 haben über ihre leitenden Mäntel Kontakt mit den Strängen 5 und 6, die an Erdpotential angeschlossen sind.

Wie aus Fig. 2 in vergrößerter Darstellung ersichtlich ist, können die Kabel 1, 2 und 3 im Bereich der Wickelköpfe an Erdungspunkten 7 beispielsweise mit Klammern untereinander befestigt sein. Diese Klammern können gleichzeitig dazu verwendet werden, die Stränge 5 und 6 an die Mäntel der Kabel 1, 2 oder 3 anzudrücken und so den erforderlichen guten elektrischen Kontakt herzustellen. Die Stränge 5 und 6 können, wie in den Zeichnungen dargestellt, einseitig auf die Wickelköpfe aufgelegt und dort festgelegt werden. Es ist jedoch auch möglich, die Stränge 5 und 6 an den Kreuzungspunkten der Kabel 1, 2 bzw. 3 zwischen denselben hindurchzuführen. Es reicht dabei prinzipiell aus, wenn nur auf einer Seite des Induktors 4 ein elektrisch gut leitender Strang 5 oder 6 angebracht wird.

Die drei Kabel 1, 2 und 3 sind beispielsweise im Wege der Vorfertigung zu der aus Fig. 1 ersichtlichen, dreiphasigen Wicklung fest verbunden. Durch ihren speziellen Aufbau sind die Kabel 1, 2 und 3 besonders einfach zu dem mäanderförmigen Verlauf der Wicklung zu verformen. Sie behalten ohne zusätzlichen Aufwand ihre Form auch in den außerhalb des Induktors 4 liegenden Bereichen der Wickelköpfe bei. Der Leiter 8 ist als Leiterseil ausgebildet, das aus einer Vielzahl von Einzeldrähten besteht. Für den Fall, daß der Leiter 8 zwei oder mehr Lagen Einzeldrähte hat, können diese abwechselnd entgegengesetzte Schlagrichtung aufweisen. Der Leiter 8 kann aus Aluminiumdrähten bestehen. Es könnten aber auch Kupferdrähte oder Drähte aus einem Aluminium-Kupfer-Verbund verwendet werden.

Auf den Leiter 8 ist eine innere Leitschicht 9 aufextrudiert. Der Extrusionsvorgang ist dabei so abgestimmt, daß das Material der Leitschicht 9 auch in die Außenwickel eindringt, welche zwischen den Einzeldrähten der äußeren Lage des Leiters 8 vorhanden sind. Die Leitschicht 9 wird dadurch fest mit dem Leiter 8 verbunden, da sie sich an demselben verankert. Der Festsitz ist so gut, daß die Leitschicht 9 weder durch Biegung noch durch axiale Beanspruchung vom Leiter 8 gelöst wird. Für die innere Leitschicht 9 kann vorzugsweise ein auf der Basis von EPDM aufgebautes Material verwendet werden. Das ist ein Material auf der Basis eines Copolymeres von Ethylen und Propylen. Dem Basismaterial werden hochaktive Leitstoffe hinzugegeben, und zwar ein Leitruß allein oder auch mehrere im Verschnitt.

Im gleichen Arbeitsgang mit dem Aufbringen der in-

neren Leitschicht 9 wird über derselben die Isolierung 10 ebenfalls durch Extrusion aufgebracht. Die Isolierung 10 besteht beispielsweise aus einer Mischung auf der Basis von EPR. Ebenfalls im gleichen Arbeitsgang wird die äußere Leitschicht 11 auf die Isolierung 10 aufextrudiert, für die das gleiche Material wie für die innere Leitschicht 9 verwendet werden kann. Durch die Verankerung der inneren Leitschicht 9 mit dem Leiter 8 ergibt sich für die drei Schichten 9, 10 und 11 insgesamt ein sehr guter Festsitz auf dem Leiter 8.

Über der äußeren Leitschicht 11 wird ein zusätzlicher metallischer Schirm 12 aufgebracht, der in axialer Richtung an vielen Stellen vollkommen unterbrochen ist. Die äußere Leitschicht 11 ist also in Abständen von Streifen 13 aus elektrisch gut leitendem Material umgeben, während sie in den Lücken 14 zwischen den Streifen 13 zunächst frei bleibt. Die Lücken 14 werden nach Aufbringung des Schirms 12 durch den Mantel 15 überdeckt, der auf äußere Leitschicht 11 und Schirm 12 aufextrudiert wird. Er besteht aus elektrisch leitfähig gemachtem Isoliermaterial und stellt neben dem mechanischen Schutz des Kabels 1, 2 oder 3 gleichzeitig im Zusammenwirken mit der äußeren Leitschicht 11 und dem Schirm 12 den elektrischen Kabelschirm dar. Als Materialien für den Mantel 15 eignen sich beispielsweise Polymere auf der Basis von Acetatcopolymeren des Ethylens, die beispielsweise einen Acetatgehalt von 30% bis 70% haben. Diesen Polymeren wird eine Kombination aus hochleitfähigen Rußen zugegeben. Die Längsleitfähigkeit der äußeren Leitschicht 11 ist größer als die des Mantels 15. Der Leitwert liegt für die äußere Leitschicht 11 beispielsweise bei 1 bis 10 mS × m und für den Mantel 15 bei 0,01 bis 0,5 mS × m.

Der Schirm 12 der Kabel 1, 2 und 3 kann in jeder geeigneten Art und Weise auf die äußere Leitschicht 11 aufgebracht werden. Das für die Streifen 13 verwendete Material kann auch beliebig gestaltet sein. So wäre es prinzipiell möglich, zur Erzeugung der Streifen 13 in den erforderlichen Abständen Metalldrähte, insbesondere Kupferdrähte, um die äußere Leitschicht 11 herumzuwickeln.

Die Streifen 13 des Schirms 12 können als Ringe ausgeführt sein, so wie es in Fig. 3 dargestellt ist. Sie können aber auch schräg zur Kabelachse verlaufen. Es muß nur sichergestellt sein, daß die Streifen 13 in axialen Abständen vollständig voneinander getrennt sind, d. h., daß der metallische Schirm 12 in Abständen vollkommen unterbrochen ist. Der Abstand zwischen zwei Unterbrechungen des Schirms 12, also der Abstand von zwei Lücken 14 voneinander, wird zweckmäßig dem Abstand A (Fig. 1) zweier Erdungspunkte 7 voneinander entsprechend gewählt. Er liegt in praktischer Ausführung etwa im Bereich von 10 cm bis 50 cm.

In bevorzugter Ausführungsform wird für den Schirm 12 ein aus Isoliermaterial bestehendes Band 16 verwendet, auf das beispielsweise aus Kupfer bestehende Schichten zur Bildung der Streifen 13 aufgebracht sind. Ein solches Band 16 läßt sich kontinuierlich herstellen, wobei auch die Lücken 14 zwischen den Streifen 13 leicht in der gewünschten Breite einstellbar sind. Das Band 16 kann mit üblichen Vorrichtungen auf die äußere Leitschicht 11 aufgewickelt werden. Dabei ergeben sich automatisch die vollständigen Unterbrechungen des Schirms 12 in axialen Abständen.

Damit der Kontakt zwischen der äußeren Leitschicht 11 und dem Mantel 15 nicht unterbrochen wird, wird das Band 16 so um die äußere Leitschicht 11 herumgewickelt, daß zwischen den Windungen eine Lücke

17 verbleibt. Das Band 16 wird in bevorzugter Ausführungsform mit einer Steigung auf die äußere Leitschicht 11 aufgewickelt, die höchstens gleich dem Fünffachen des Außendurchmessers der äußeren Leitschicht 11 ist. Es ist dadurch sichergestellt, daß die gute Biegsamkeit der Kabel 1, 2 und 3 durch den Schirm 12 nicht beeinträchtigt wird.

Die Lücke 17 zwischen den Windungen des Bandes 16 wird zur Einstellung der erforderlichen Leitfähigkeit des Kabelschirms in Abhängigkeit vom Kabeldurchmesser unterschiedlich bemessen. Ihre Breite liegt in praktischen Ausführungsformen zwischen 2 mm und 10 mm.

#### Patentansprüche

1. Elektrisches Kabel zur Verwendung als Wicklungsstrang in einer dreiphasigen Wechselstromwicklung für Linearmotoren, bestehend aus einem als Leiterseil ausgeführten metallischen Leiter, einer denselben umgebenden inneren Leitschicht, einer über dieser angeordneten Isolierung, einer dieselbe umgebenden, aus leitfähig gemachtem Kunststoff bestehenden äußeren Leitschicht und einem darüber angeordneten Mantel aus elektrisch leitfähig gemachtem Isoliermaterial, **dadurch gekennzeichnet**, daß zwischen äußerer Leitschicht (11) und Mantel (15) ein zusätzlicher metallischer Schirm (12) angebracht ist, der auf der ganzen Länge des Kabels (1, 2, 3) in axialen Abständen vollständig unterbrochen ist.
2. Kabel nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
  - daß der Schirm (12) aus metallischen Streifen (13) besteht, die mit Abstand zueinander auf einem Band (16) aus Isoliermaterial angebracht sind und
  - daß das Band (16) mit einer Lücke (17) zwischen den Windungen wendelförmig um die äußere Leitschicht (11) herumgewickelt ist, so daß die äußere Leitschicht (11) und der Mantel (15) in der Lücke (17) direkt aneinander liegen.
3. Kabel nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Band (16) mit einer Steigung auf die äußere Leitschicht (11) aufgewickelt ist, die höchstens gleich dem Fünffachen des Außendurchmessers der äußeren Leitschicht (11) ist.
4. Kabel nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Breite der Lücke (17) zwischen den Windungen des Bandes (16) in Abhängigkeit vom Kabeldurchmesser zwischen 2 mm und 10 mm liegt.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

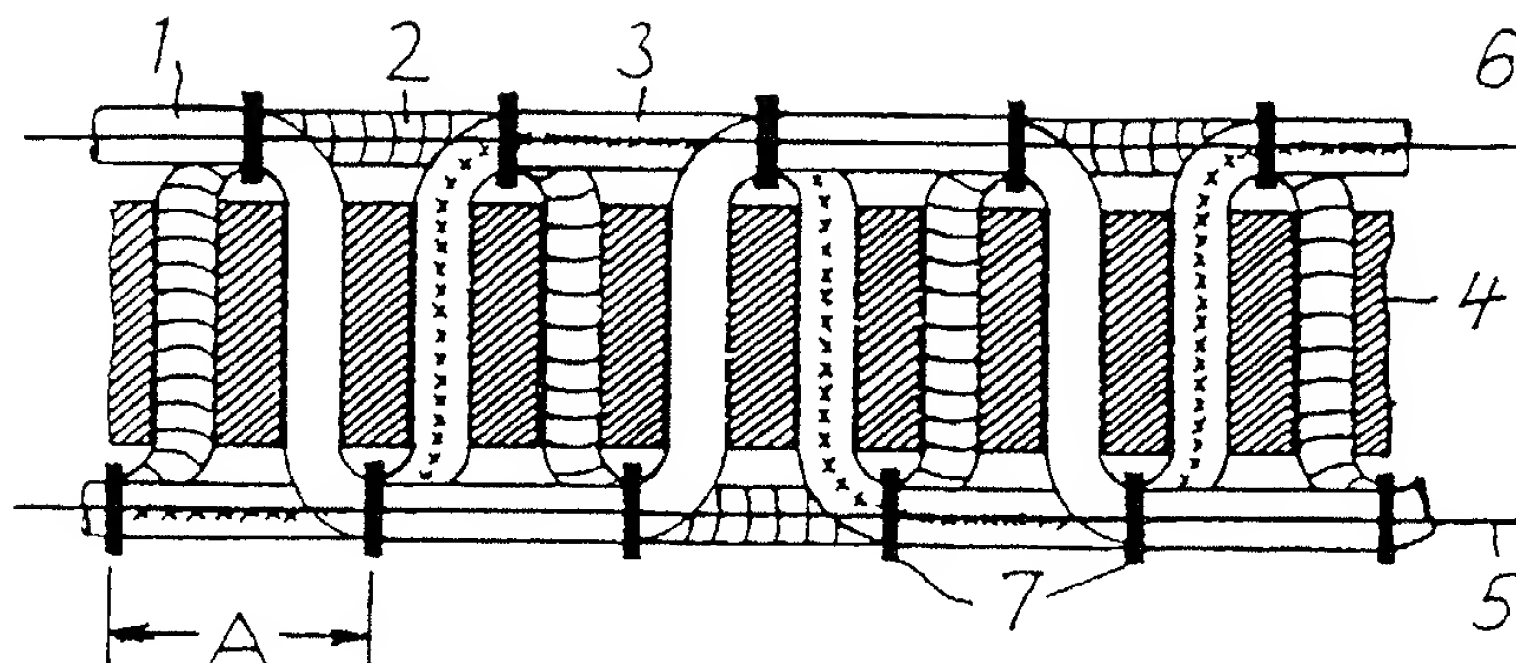


Fig. 1

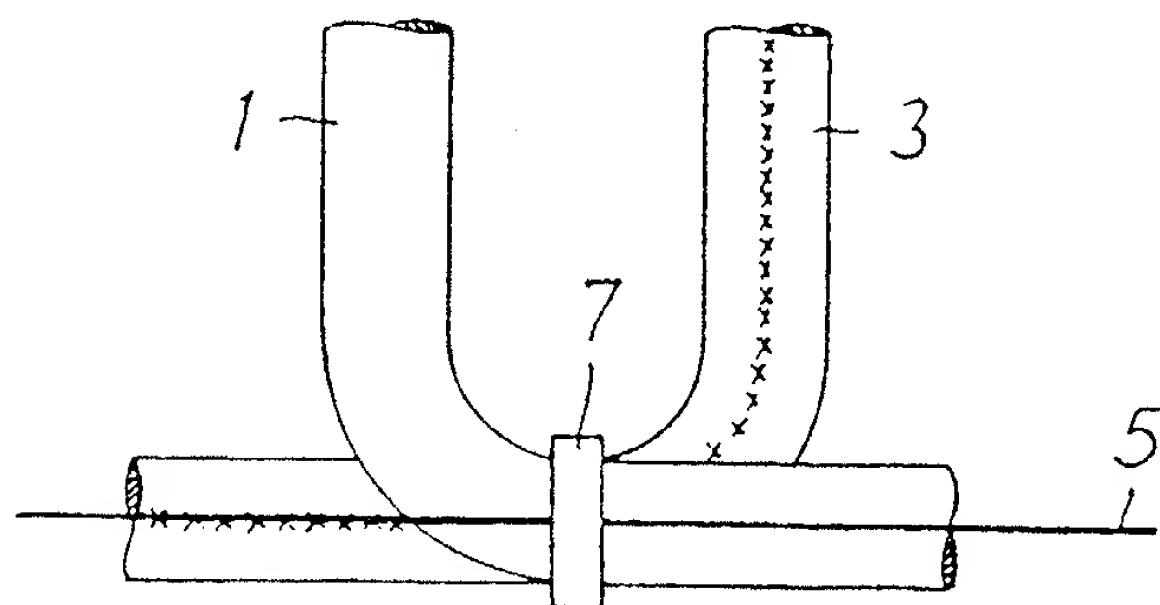


Fig. 2

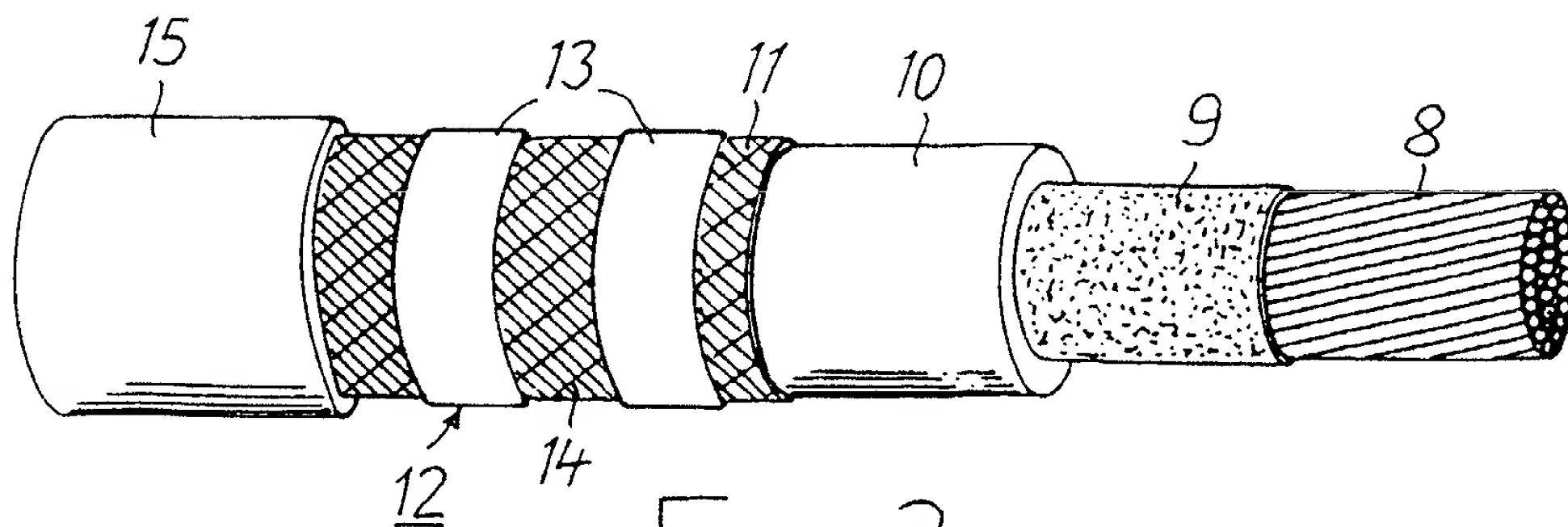


Fig. 3



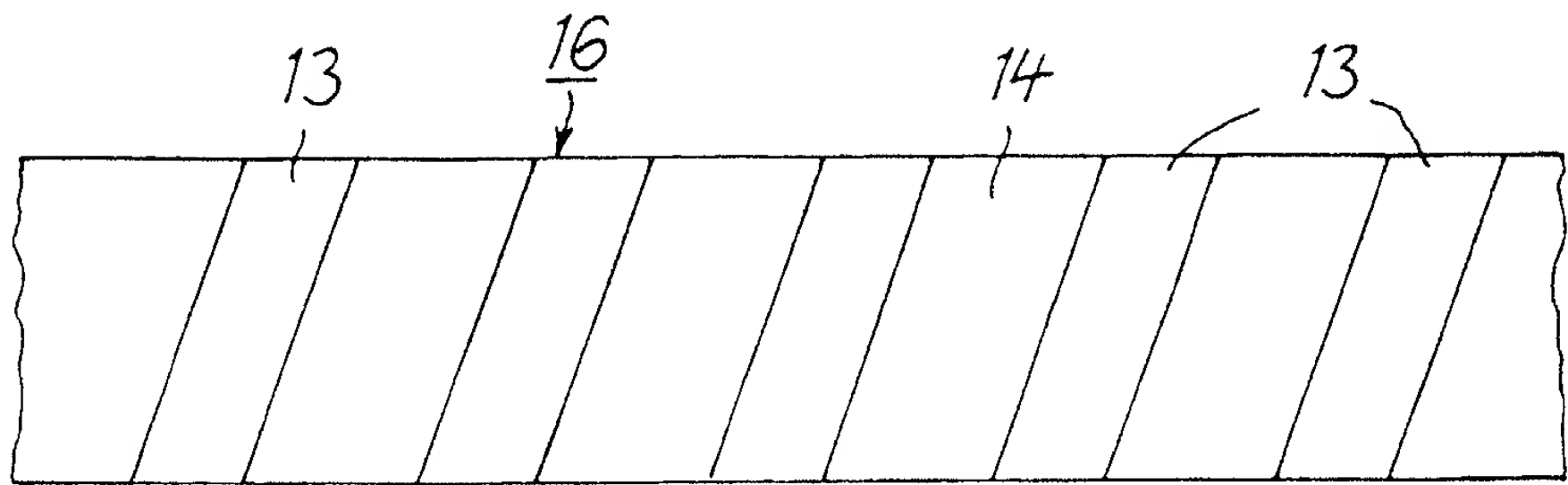


Fig. 4

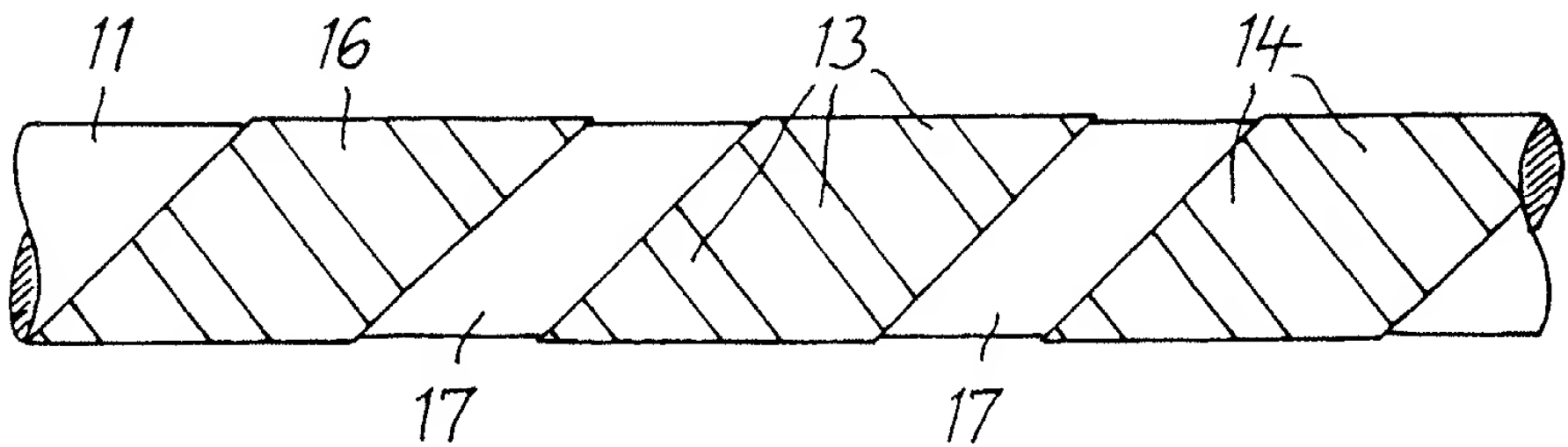


Fig. 5